



IWT-WP-DIRECT:

De impact van
regelparameters op de
prestatie van residentiële
warmtepompinstallaties aan
de hand van simulaties

Jan Hoogmartens (K.U.Leuven)
Lieve Helsen (K.U.Leuven)
Geeraart Franck (De Nayer Instituut)
Willy Van Passel (De Nayer Instituut)

INHOUD

- Doel
- Werkmethode
- Parameterstudie
 - Beschrijving
 - Resultaten
- Besluit



- Invloed van regelparameters op de SPF van het systeem.
 - Later: invloed van dimensionering bron, dimensionering warmtepomp, type warmtepompsysteem, ...
- Voordelen simulaties:
 - Snel
 - Relatief eenvoudig te implementeren
 - Meer variaties mogelijk vergeleken met experimenten
 - Gecontroleerd
- Nadelen simulaties:
 - Gebruikersgedrag
 - Geldig voor 1 bepaalde case

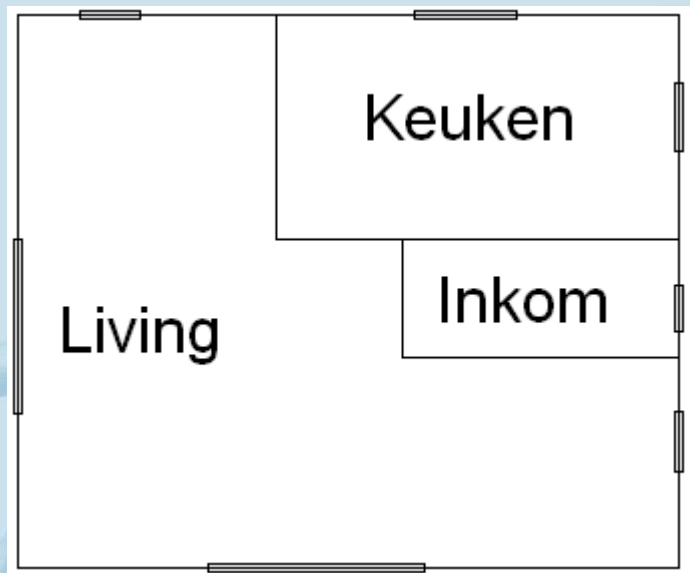
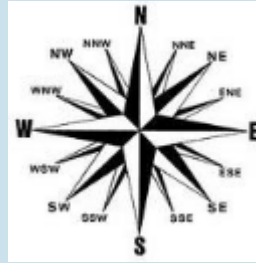
- TRNSYS-MATLAB simulatie
- Referentiemodel
- Simulatieperiode: 2 jaar
- Simulatietijdstap: 3 minuten
- Evaluatieperiode over het laatste simulatiejaar
- Evaluatiecriteria:
 - SPF
 - € (werkingskost)
 - Thermisch comfort (Kh oververhitting, Kh onderkoeling)
 - Werkingsuren
 - CO₂-emissie (dynamische berekening)

Referentiemodel

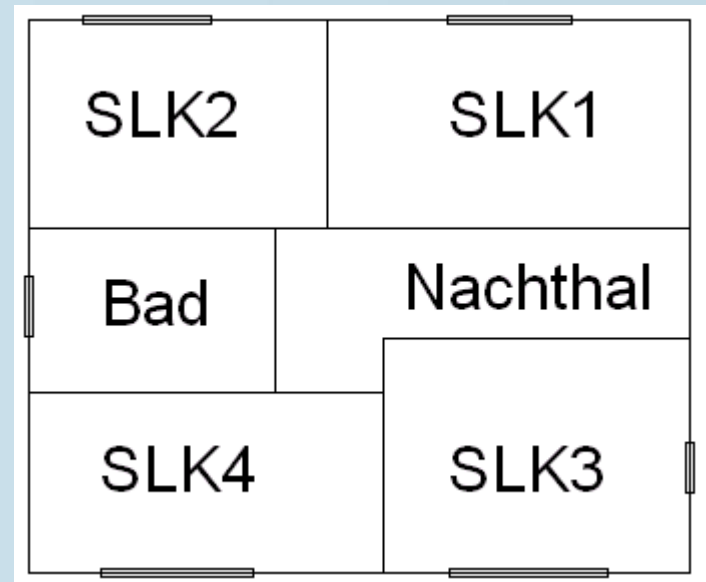
- Woning:
 - K40 vrijstaande woning
 - Verwarmde ruimtes:
 - 1 woonruimte, 1 keuken, 1 badkamer, 4 slaapkamers
 - Totaal verwarmd oppervlak: 176 m²
 - Overal vloerverwarming
 - Onverwarmde ruimtes:
 - 1 kelder, 1 zolder, 1 nachthal, 1 inkomhal



Referentiemodel



Benedenverdieping

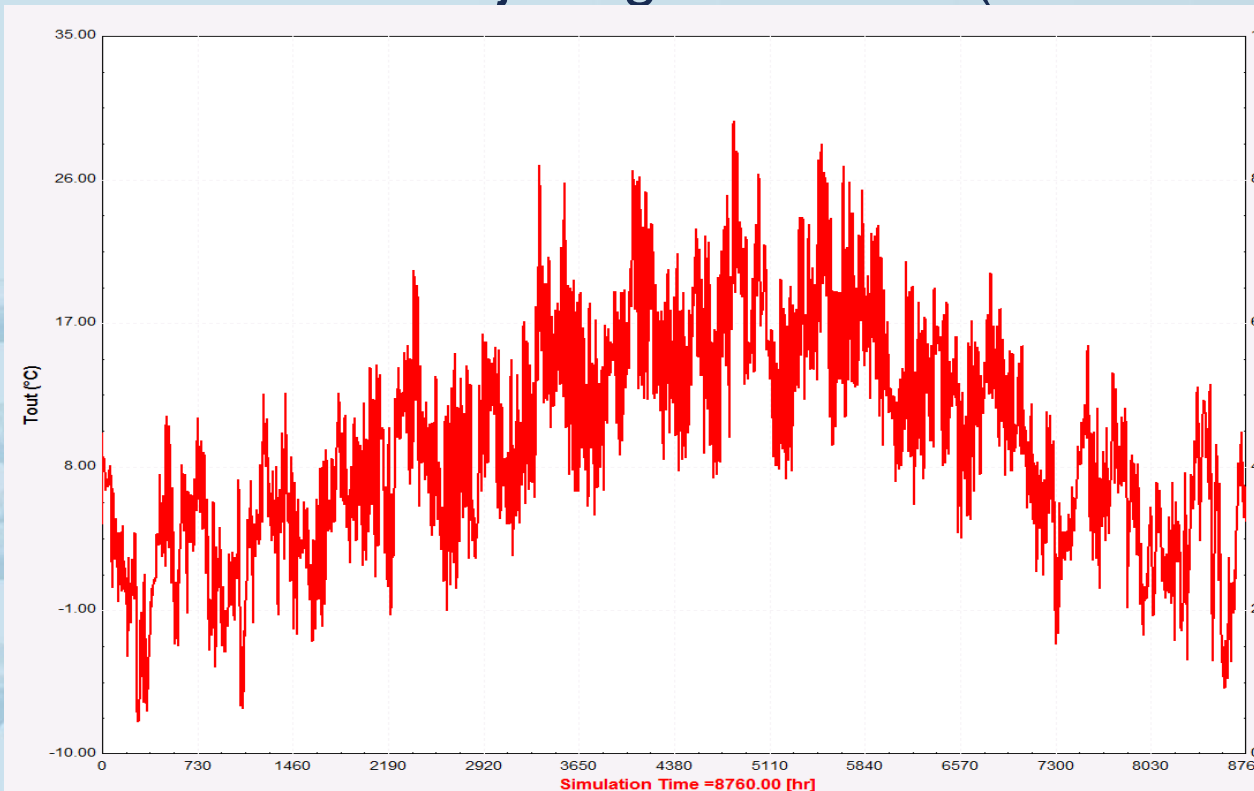


Bovenverdieping

- Regeling:
 - Stooklijn (teruglooptemperatuur), dode band $\pm 2^{\circ}\text{C}$
 - Nachtverlaging
 - Voorrangsregeling sanitair warm waterproductie
 - Nacht: sensor onder 53°C
 - Dag: sensor boven 43°C
 - 2 vakantieperiodes: 1 week juli, 1 week november
- Installatie:
 - Verticale Bodem/Water warmtepomp
 - 10,2 kW thermisch
 - COP_(B0-W35, ΔT 5°C) 4,6
 - 4 boringen, 60m diep, parallel geschakeld
 - Bronpomp 180W
 - Circulatiepomp 90W

Referentiemodel

- Standaard warm watervat (390 liter)
- Sanitair warm water tapprofiel
 - 200 liter per dag, 43°C
- Weerdata Ukkel: 30 jaar gemiddelde (1961-1990)



Referentiemodel

Jaarlijkse resultaten:

Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh
SWW-productie	3776 kWh
Ruimteverwarming	20444 kWh
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur
SWW-productie	327 uur
Ruimteverwarming	2094 uur
COP	4.77
SPF	4.22
SPF SWW-productie	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38
Werkingskosten	€ 804
CO2-uitstoot	5985 kg
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	551 Kh oververhitting 281 Kh onderkoeling

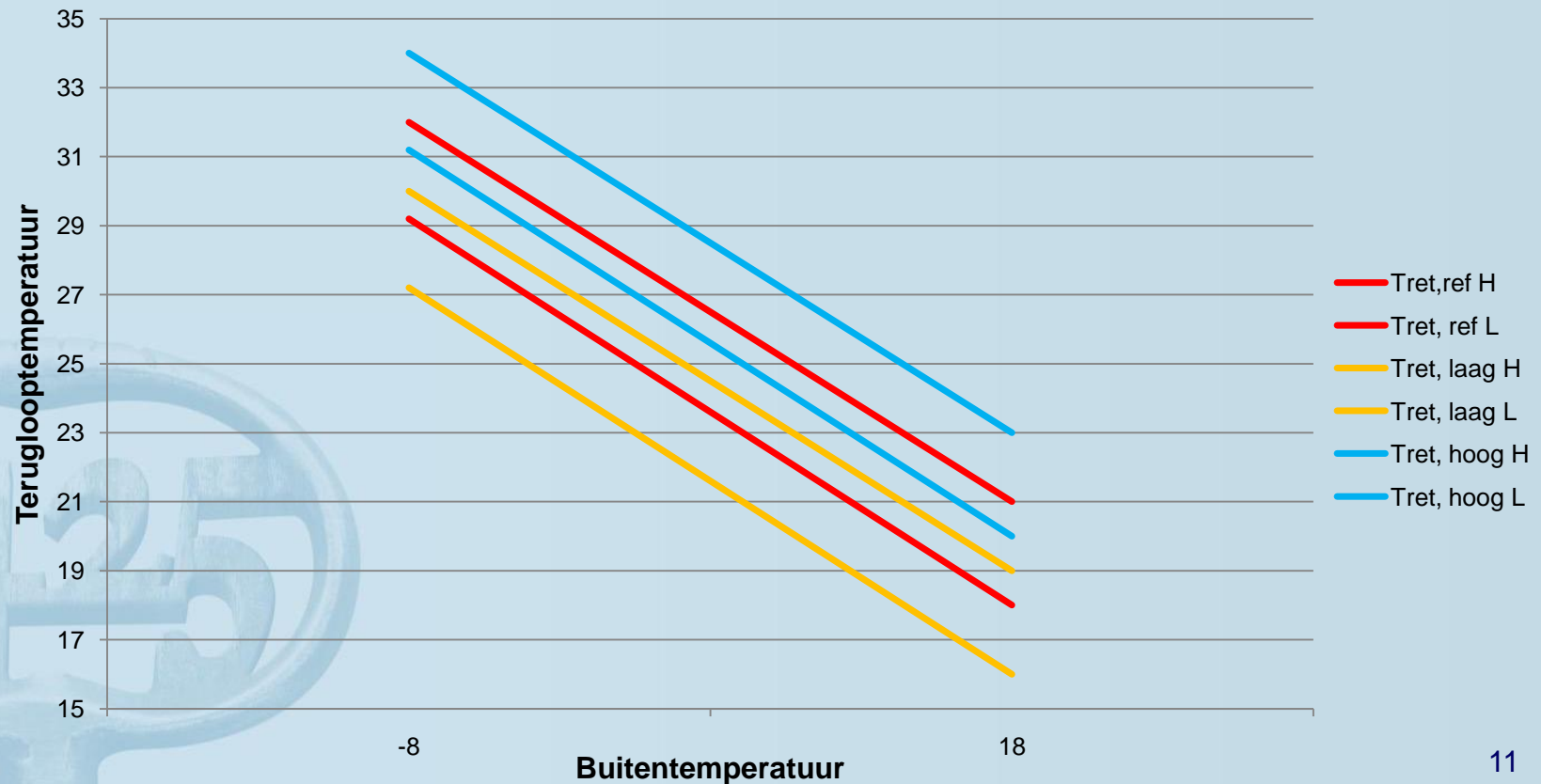
≠ parameterwijzigingen:

- Aanpassing verwarmingseis
- Legionellaprogramma sanitair warm water
- Aanpassing setpunt sanitair warm waterverwarming
- Slimme regeling circulatiepomp vloerverwarming
- Vergroten dode band stooklijn
- Thermostaatregeling & variaties
- Kamertemperatuurregeling



AANPASSING VERWARMINGSEIS

1. Hogere verwarmingseis (stooklijn omhoog)
2. Lagere verwarmingseis (stooklijn omlaag)



AANPASSING VERWARMINGSEIS

	Referentie	Hoge stooklijn	Lage stooklijn
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	6475 kWh/jaar	4828 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	26806 kWh/jaar	21662 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3786 kWh/jaar	3780 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	23020 kWh/jaar	17882 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2754 uur/jaar	2083 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	328 uur/jaar	329 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2426 uur/jaar	1754 uur/jaar
COP	4.77	4.59	5.03
SPF	4.22	4.08	4.41
SPF SWW-productie	3.68	3.69	3.66
SPF ruimteverwarming	4.38	4.19	4.66
Werkingskosten	€ 804	€ 911 (+13.3%)	€ 698 (-13.2%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6809 kg/jaar (+13.7%)	5162 kg/jaar (-13.8%)
Comfort woonkamer, slaapkamer, keuken	/	/	/

AANPASSING VERWARMINGSEIS

	Referentie	Hoge stooklijn	Lage stooklijn
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	6475 kWh/jaar	4828 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	26806 kWh/jaar	21662 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3786 kWh/jaar	3780 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	23020 kWh/jaar	17882 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2754 uur/jaar	2083 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	328 uur/jaar	329 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2426 uur/jaar	1754 uur/jaar
COP	4.77	4.59	5.03
SPF	4.22	4.08	4.41
SPF SWW-productie	3.68	3.69	3.66
SPF ruimteverwarming	4.38	4.19	4.66
Werkingskosten	€ 804	€ 911 (+13.3%)	€ 698 (-13.2%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6809 kg/jaar (+13.7%)	5162 kg/jaar (-13.8%)
Comfort woonkamer, slaapkamer, keuken	/	/	/

3. Legionellaprogramma

- Wekelijks
- WP tot thermostaat onder 53°C
- Elektrisch tot thermostaat onder 60°C
- Vermogen weerstand 3 kW
- Niet verplicht in Vlaanderen!



LEGIONELLAPROGRAMMA

	Referentie	Legionella
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	6089 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24082 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3645 kWh/jaar + 468 kWh/jaar elektrische bijstook
Ruimteverwarming	20444 kWh	20437 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2411 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	317 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2094 uur/jaar
COP	4.77	4.77
SPF	4.22	3.96
SPF SWW-productie	3.68	2.73
SPF ruimteverwarming	4.38	4.13
Werkingskosten	€ 804	€ 861 (+7.1%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6424 kg/jaar (+7.3%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 544 Kh Onderkoel. 285 Kh

LEGIONELLAPROGRAMMA

	Referentie	Legionella
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	6089 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24082 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3645 kWh/jaar + 468 kWh/jaar elektrische bijstook
Ruimteverwarming	20444 kWh	20437 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2411 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	317 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2094 uur/jaar
COP	4.77	4.77
SPF	4.22	3.96
SPF SWW-productie	3.68	2.73
SPF ruimteverwarming	4.38	4.13
Werkingskosten	€ 804	€ 861 (+7.1%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6424 kg/jaar (+7.3%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 544 Kh Onderkoel. 285 Kh

SETPUNT SANITAIR WARM WATER

4. Verhoogd setpunt sanitair warm waterverwarming
5. Verlaagd setpunt sanitair warm waterverwarming

	Nacht	Dag
Referentie	53 °C	43°C
Verhoogd setpunt	56 °C	48°C
Verlaagd setpunt	45 °C	43°C



SETPUNT SANITAIR WARM WATER

	Referentie	Tset SWW hoog	Tset SWW laag
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5729 kWh/jaar	5571 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24341 kWh/jaar	23986 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	4035 kWh/jaar	3341 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20306 kWh/jaar	20645 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2430 uur/jaar	2406 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	353 uur/jaar	286 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2076 uur/jaar	2120 uur/jaar
COP	4.77	4.76	4.78
SPF	4.22	4.18	4.24
SPF SWW-productie	3.68	3.46	3.81
SPF ruimteverwarming	4.38	4.39	4.37
Werkingskosten	€ 804	€ 812 (+1%)	€ 794 (-1.2%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6053 kg/jaar (+1.1%)	5908 kg/jaar (-1.3%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 531 Kh Onderkoel. 295 Kh	Oververhit. 571 Kh Onderkoel. 276 Kh

SETPUNT SANITAIR WARM WATER

	Referentie	Tset SWW hoog	Tset SWW laag
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5729 kWh/jaar	5571 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24341 kWh/jaar	23986 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	4035 kWh/jaar	3341 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20306 kWh/jaar	20645 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2430 uur/jaar	2406 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	353 uur/jaar	286 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2076 uur/jaar	2120 uur/jaar
COP	4.77	4.76	4.78
SPF	4.22	4.18	4.24
SPF SWW-productie	3.68	3.46	3.81
SPF ruimteverwarming	4.38	4.39	4.37
Werkingskosten	€ 804	€ 812 (+1%)	€ 794 (-1.2%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6053 kg/jaar (+1.1%)	5908 kg/jaar (-1.3%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 531 Kh Onderkoel. 295 Kh	Oververhit. 571 Kh Onderkoel. 276 Kh

6. Slimme regeling circulatiepomp vloerverwarming

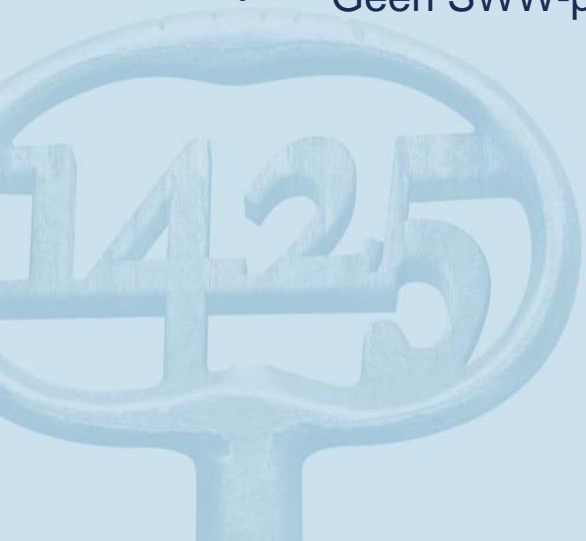
Circulatiepomp aan als:

- WP-unit aan tijdens stookseizoen
- 1 kwartier per uur als WP uit tijdens stookseizoen

Referentie:

Circulatiepomp aan als:

- Stookseizoen
- Buitentemperatuur (4ugem) $< 18^{\circ}\text{C}$
- Geen SSW-productie



SLIMME POMPREGELING

	Referentie	Slimme pompregeling
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh + 561 kWh pomp	5638 kWh/jaar + 299 kWh/jaar pomp
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24163 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3776 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20387 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2416 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	327 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2088 uur/jaar
COP	4.77	4.77
SPF	4.22	4.22
SPF SWW-productie	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.38
Werkingskosten	€ 804	€ 768 (-4.5%)
CO2-uitstoot	5985 kg	5818kg/jaar (-2.8%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 551Kh Onderkoel. 279 Kh

SLIMME POMPREGELING

	Referentie	Slimme pompregeling
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh + 561 kWh pomp	5638 kWh/jaar + 299 kWh/jaar pomp
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24163 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3776 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20387 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2416 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	327 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2088 uur/jaar
COP	4.77	4.77
SPF	4.22	4.22
SPF SWW-productie	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.38
Werkingskosten	€ 804	€ 768 (-4.5%)
CO2-uitstoot	5985 kg	5818kg/jaar (-2.8%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 551Kh Onderkoel. 279 Kh

7. Vergroten dode band stooklijn

- Dode band stooklijn teruglooptemperatuur $\pm 3^{\circ}\text{C}$ i.p.v. $\pm 2^{\circ}\text{C}$



DODE BAND

	Referentie	Dode band
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5692 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24201 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3773 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20428 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2434 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	327uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2106 uur/jaar
COP	4.77	4.73
SPF	4.22	4.18
SPF SWW-productie	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.34
Werkingskosten	€ 804	€ 809 (+0.5%)
CO2-uitstoot	5985 kg	6026 kg/jaar (+0.6%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 629 Kh Onderkoel. 288 Kh

THERMOSTAATREGELING

8. Thermostaatregeling

- Aan/Uit regeling o.b.v. temperatuur woonkamer
- Dode band $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Setpunt nacht 19°C
- Setpunt dag 21°C

9. Thermostaatregeling gecombineerd met stooklijn

- Idem, maar stooklijnregeling geldt als warmtepomp aanstaat

10. Thermostaatregeling gecombineerd met stooklijn en ruimtete compensatie

- Idem, maar adaptieve stooklijn geldt als warmtepomp aanstaat



THERMOSTATREGELING

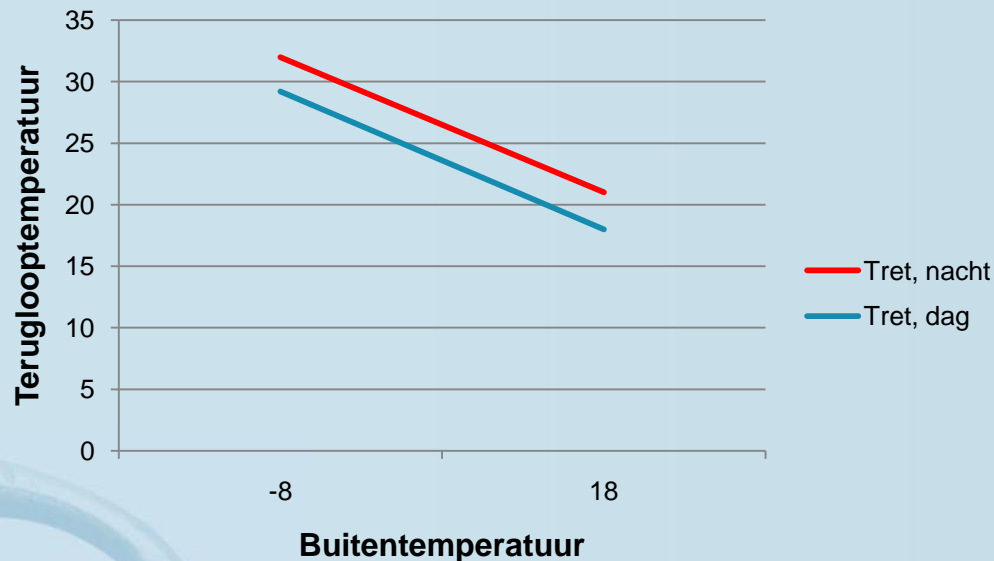
	Referentie	Thermos	Thermos+ stkIn	Thermos+stkIn+ R.C
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5617 kWh/jaar	5363 kWh/jaar	5218 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24190 kWh/jaar	23386 kWh/jaar	22972 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3770 kWh/jaar	3773 kWh/jaar	3774 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20420 kWh/jaar	19613 kWh/jaar	19198 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2409 uur/jaar	2305 uur/jaar	2246 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	327 uur/jaar	327 uur/jaar	328 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2082 uur/jaar	1977 uur/jaar	1918 uur/jaar
COP	4.77	4.80	4.87	4.92
SPF	4.22	4.24	4.29	4.33
SPF SWW-productie	3.68	3.69	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.41	4.48	4.54
Werkingskosten	€ 804	€ 751 (-6.6%)	€ 736 (-8.5%)	€ 722 (-10.2%)
CO2-uitstoot	5985 kg	5730 kg/jaar (-4.3%)	5559 kg/jaar (-7.2%)	5434 kg/jaar (-9.3%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 742 Kh Onderkoel. 197 Kh	Oververhit. 501 Kh Onderkoel. 314 Kh	Oververhit. 476 Kh Onderkoel. 337 Kh

THERMOSTAATREGELING

	Referentie	Thermos	Thermos+ stkln	Thermos+stkln+ R.C
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5617 kWh/jaar	5363 kWh/jaar	5218 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	24190 kWh/jaar	23386 kWh/jaar	22972 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3770 kWh/jaar	3773 kWh/jaar	3774 kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	20420 kWh/jaar	19613 kWh/jaar	19198 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2409 uur/jaar	2305 uur/jaar	2246 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	327 uur/jaar	327 uur/jaar	328 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	2082 uur/jaar	1977 uur/jaar	1918 uur/jaar
COP	4.77	4.80	4.87	4.92
SPF	4.22	4.24	4.29	4.33
SPF SWW-productie	3.68	3.69	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.41	4.48	4.54
Werkingskosten	€ 804	€ 751 (-6.6%)	€ 736 (-8.5%)	€ 722 (-10.2%)
CO2-uitstoot	5985 kg	5730 kg/jaar (-4.3%)	5559 kg/jaar (-7.2%)	5434 kg/jaar (-9.3%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 742 Kh Onderkoel. 197 Kh	Oververhit. 501 Kh Onderkoel. 314 Kh	Oververhit. 476 Kh Onderkoel. 337 Kh

11. Nachtverhoging

- Wissel stooklijn



12. Constante temperatuur

- Dag en Nacht referentie dagstooklijn

KAMERTEMPERATUURREGELING

	Referentie	Nachtverhoging	Constance temperatuur
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5405 kWh/jaar	5953 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	23452 kWh/jaar	25095 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3786 kWh/jaar	3784kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	19666 kWh/jaar	21311 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2321 uur/jaar	2543 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	329 uur/jaar	328 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	1992 uur/jaar	2215 uur/jaar
COP	4.77	4.84	4.69
SPF	4.22	4.27	4.15
SPF SWW-productie	3.68	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.45	4.29
Werkingskosten	€ 804	€ 722 (-10.2%)	€ 843 (+3.4%)
CO2-uitstoot	5985 kg	5739 kg/jaar (-4.8%)	6288 kg/jaar (+5.1%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 469 Kh Onderkoel. 408 Kh	Oververhit. 839 Kh Onderkoel. 270 Kh

KAMERTEMPERATUURREGELING

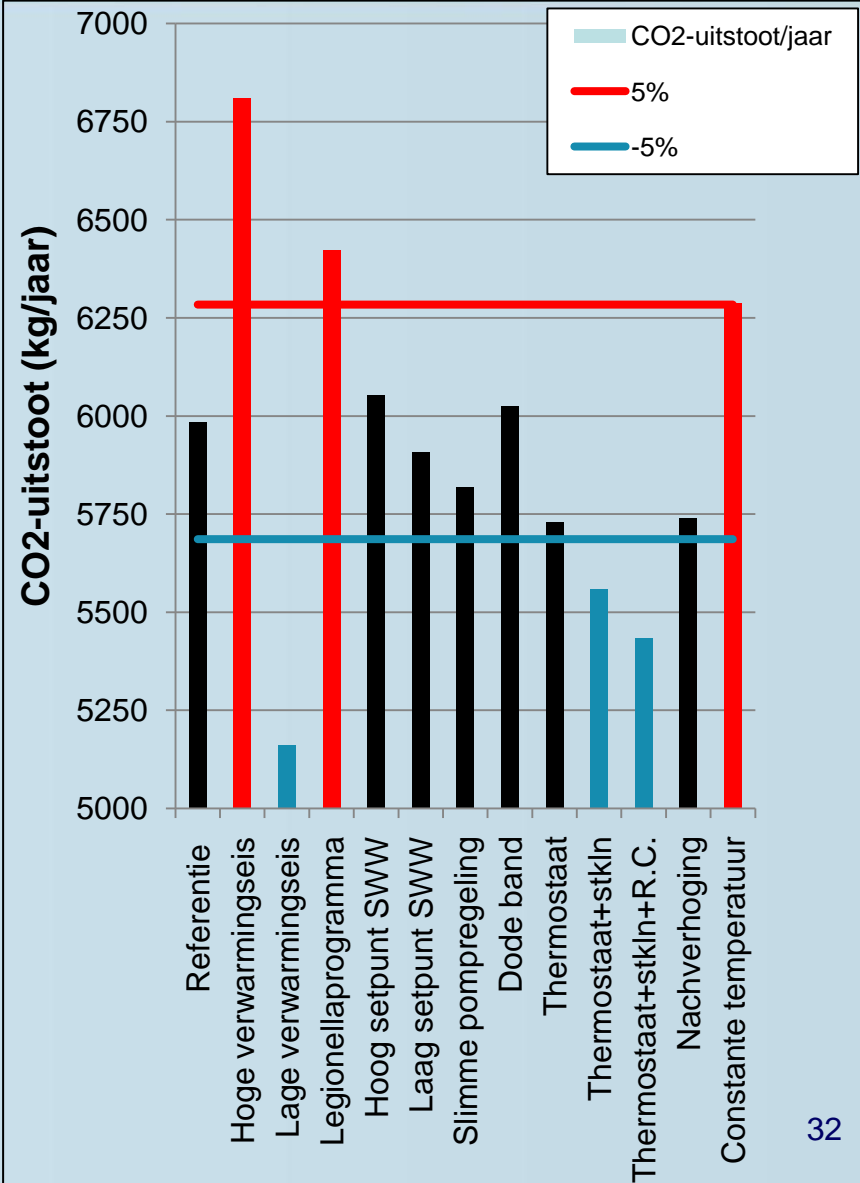
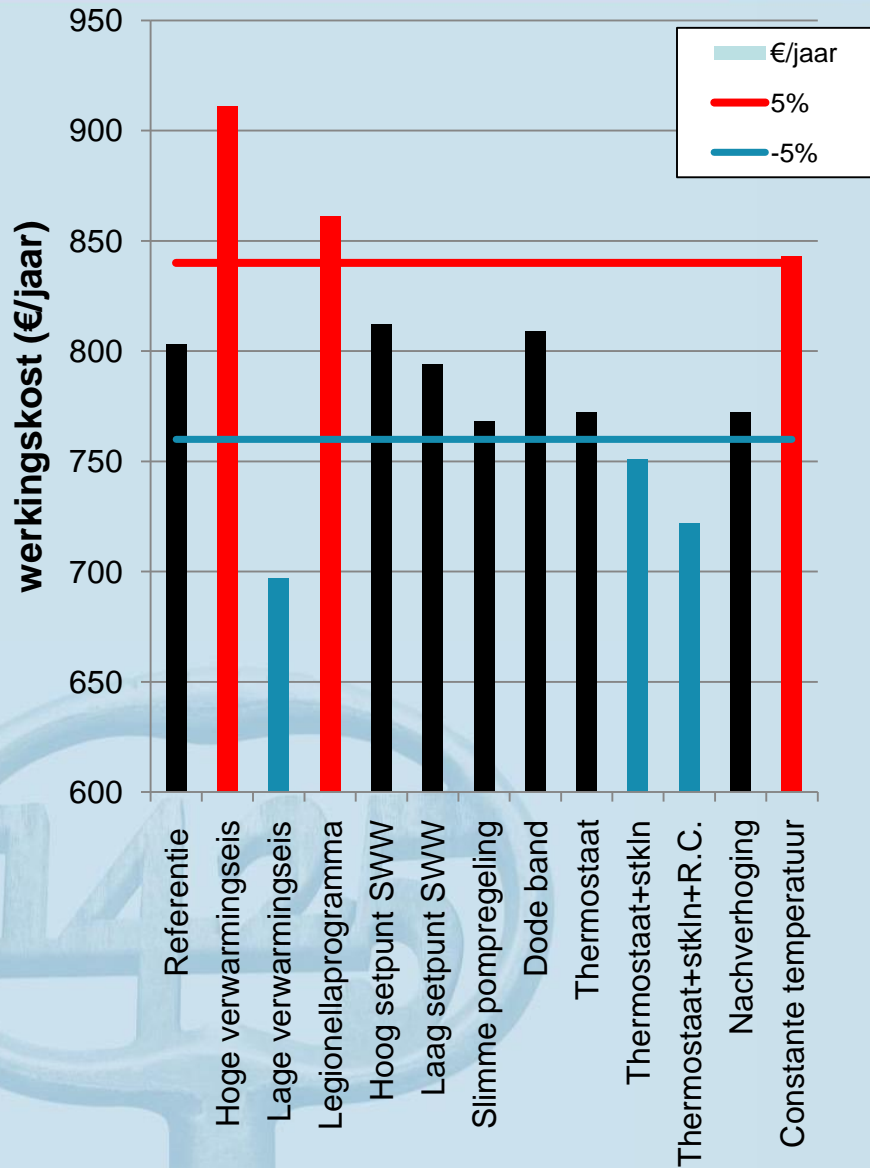
	Referentie	Nachtverhoging	Constance temperatuur
Totaal elektrisch verbruik	5651 kWh	5405 kWh/jaar	5953 kWh/jaar
Totaal geproduceerde warmte	24219 kWh	23452 kWh/jaar	25095 kWh/jaar
SWW-productie	3776 kWh	3786 kWh/jaar	3784kWh/jaar
Ruimteverwarming	20444 kWh	19666 kWh/jaar	21311 kWh/jaar
Totaal # werkingsuren WP-unit	2422 uur	2321 uur/jaar	2543 uur/jaar
SWW-productie	327 uur	329 uur/jaar	328 uur/jaar
Ruimteverwarming	2094 uur	1992 uur/jaar	2215 uur/jaar
COP	4.77	4.84	4.69
SPF	4.22	4.27	4.15
SPF SWW-productie	3.68	3.68	3.68
SPF ruimteverwarming	4.38	4.45	4.29
Werkingskosten	€ 804	€ 722 (-10.2%)	€ 843 (+3.4%)
CO2-uitstoot	5985 kg	5739 kg/jaar (-4.8%)	6288 kg/jaar (+5.1%)
Comfort woonkamer, slaapkamers, keuken	Oververhit. 551 Kh Onderkoel. 281 Kh	Oververhit. 469 Kh Onderkoel. 408 Kh	Oververhit. 839 Kh Onderkoel. 270 Kh

- Belang van regeling
 - €
 - Thermisch comfort
 - Emissies (dynamisch bepaald)
 - SPF
- Belangrijke invloedsfactoren (voor verticale bodem/water warmtepompsystemen)

Grote invloed	Geringe invloed
Instelling stooklijn	Instelling setpunt SWW
Legionella programma (niet verplicht in Vlaanderen)	Dode band van stooklijn
Slimme pompregeling	
Thermostaatregeling	
Nachtverhoging	

- Minimaal energieverbruik \leftrightarrow maximaal comfort

BESLUIT





IWT-WP-DIRECT:

De impact van
regelparameters op de
prestatie van residentiële
warmtepompinstallaties aan
de hand van simulaties

Jan Hoogmartens (K.U.Leuven)

Jan.hoogmartens@mech.kuleuven.be